

＜地域汚染＞

道路粉じんによる大気汚染

—基礎的検討と新潟市の実態調査—

谷 中 隆 明**・漆 山 佳 雄**・北 島 永 一**
福 崎 紀 夫**・田 村 良 三**・丸 山 隆 雄**

1. はじめに

近年の急速なモータリゼーションの進展は、日常生活の利便性、経済活動等各種の振興をもたらしているが、反面、排ガスや粉じん等による道路周辺環境の悪化が、各地で深刻な状況になっている。とくに最近では、積雪寒冷地において、スパイクタイヤの普及に伴う道路舗装の摩耗が著しく、摩耗粉じんによる環境汚染が環境保全上大きな社会問題となっている¹⁻³⁾。

これまで、自動車走行に伴い道路から発生する粉じん（以下「道路粉じん」という）に関する調査は、全国各地で行われているが⁴⁻⁶⁾、それぞれの地域特性に応じて、ある限られた発生源のみについて調査されている。しかし、道路粉じんは、種々の発生源からの粉じんが混然となったものと推定される。そこで、道路粉じんによる大気汚染の実態を調査するに当たり、まず、道路粉じんの主な発生源について、分析法の開発・改良および各発生源の指標となる成分の選定を行った。さらに、これらの結果をもとに、新潟市における道路周辺環境の粉じんによる汚染の実態を調査したので報告する。

2. 調査方法

2.1 発生源試料

2.1.1 試料の調製

道路粉じんの発生源として、アスファルト舗装材、自動車排気粉じん、タイヤトレッド、タイヤスパイク、路面標示ペイントおよび土壌を対象とした。

アスファルトは、県外から搬入される3つのルートそれぞれから採取し、さらに道路舗装会社のもを加え4試料とした。アスファルト舗装材は、新潟市の市街地中心部を通る国道116号線の表層を採取し、粉砕して試料

とした。自動車排気粉じんは、ガソリン車約100台およびディーゼル車（バス、大型トラック）約80台から、排気筒内壁に付着したすすをブラシで集め、30メッシュのふるいを通してそれぞれ試料とした。タイヤトレッドは、主要メーカー4社の製品から20種類を選定し、液体窒素で冷却しながら鉄製容器中で粉砕し、25メッシュのふるいを通し試料とした。タイヤスパイクは、固い芯の部分（チップ）とそれを支える回りの部分（シャンク）に分離し、前者はフッ化水素酸、硝酸、硫酸、過酸化水素水、後者は硝酸を用いて加熱溶解し試料溶液とした。土壌は、新潟市周辺地区の未耕地5地点から表層土（0～3 cm）を採取し、風乾後、2 mmのふるいを通し試料とした。

2.1.2 分析方法

40元素について、放射化分析法および原子吸光法により分析した。硫酸イオンは、イオンクロマトグラフ法によった。タイヤトレッド中のゴムは、東ら⁷⁾の方法に準拠し、熱分解-ガスクロマトグラフ法によった。すなわち、スチレンブタジエンゴム（SBR）および天然ゴム（NR）の熱分解生成物のうち、それぞれ、スチレンおよびブタジエンを定量して求めた。B[a]Pは、松下ら⁸⁾の二層一元薄層クロマトグラフ-蛍光光度法によった。

道路粉じん中のアスファルトを分析する方法として、各種の有機溶媒に溶出する物質の質量を量る方法^{1,2)}が用いられてきたが、感度が不十分で他の発生源試料の影響も受けやすいことから、ゲル浸透高速液体クロマトグラフ（GPC-HPLC）-蛍光光度法による定量法を新たに開発した。

2.2 環境調査

2.2.1 調査地点

調査地点を図1に示す。同地点は、新潟市の中心部に

* Air Pollution by Roadway Dust — Fundamental Studies and Measurement in Niigata City —

** Takaaki YANAKA, Yoshio URUSHIYAMA, Eiichi KITAJIMA, Norio FUKUZAKI, Ryozi TAMURA, Takao MARUYAMA（新潟県公害研究所）Environmental Pollution Control Laboratory, Niigata Prefecture

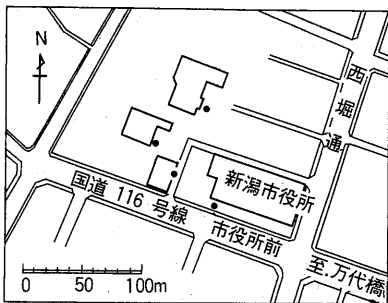


図1 調査地点 (・印)

位置し、国道116号線の昼間12時間交通量は、約25,000台である。なお、対照地点は、これらの地点から東南東約20 kmの田園地帯にある潟岡測定局（豊栄市内沼、以下「潟岡」という）とした。対照地点から約30 m離れた道路の昼間12時間交通量は約600台である。

2・2・2 調査期間

昭和58年3月（一部は2月）から昭和59年2月まで、試料採取した。

2・2・3 試料採取および分析項目

CPS サンプラ（紀本電子製、CPS-105）に石英繊維濾紙（Whatman 社製、QM-A）を装着し、流量 600 l/min で毎月1回、2～4日間大気を吸引した。採取試料は分割し、それぞれアスファルト、SBR、NR および B[a]P の分析に供した。また、アンダーセンサンプラ（高立機器製、KA-200）の各段にメンブラン濾紙（東洋濾紙製、TM-80）を装着し、流量 28.3 l/min で、2月（58年）および10月にそれぞれ15日間大気を吸引した。採取試料は、40元素および硫酸イオンの分析に供した。

3. 調査結果および考察

3・1 発生源試料についての基礎的検討

3・1・1 タイヤトレッド

20試料については、SBR および NR を定量した結果、それぞれの含有率はタイヤの種類によって大きく異なるものの、両者の含有率の和は、平均36%、標準偏差8%とほぼ一定した値が得られた。

熱分解ガスクロマトグラフ法によって SBR、NR を定量する場合、試料中にアスファルトや自動車排気粉じんが共存すると、強い正の妨害を示す。13種類の溶媒を用いて、アスファルトおよび自動車排気粉じんのいずれにも高い抽出率を示すものを検討したところ、ベンゼン・エタノール（4：1）が最適であった。そこで、アスファルトおよび自動車排気粉じんを石英繊維濾紙上にとり、ベンゼン・エタノール（4：1）を滴下して洗浄し、熱分解ガスクロマトグラフ法で分析したところ、SBR および NR の定量への妨害は除去できることを確認し

た。なお、ベンゼン・エタノール（4：1）による洗浄のさい、タイヤトレッド中の SBR、NR の溶出は認められない。

以上のことから、濾紙に採取した道路粉じんをベンゼン・エタノール（4：1）で洗浄した後、直接、熱分解ガスクロマトグラフ法により SBR、NR を定量することにより、タイヤトレッド量は、(SBR 量+NR 量)/0.36 によって求めた。ガスクロマトグラフの分析条件は、東ら⁹⁾に準拠した。

3・1・2 アスファルト

アスファルトは、約1,000から100,000の分子量をもつ化合物からなる混合物である。そこで、GPC-HPLC 法によって他の発生源試料を分離し、定量することを試みた。アスファルト、自動車排気粉じんおよびタイヤトレッドそれぞれのベンゼン・エタノール（4：1）抽出物をテトラヒドロフラン（THF）に溶解し、ここから一部を分取して GPC-HPLC に注入し、溶出特性を調べた。検出器は蛍光光度計を用いた。測定条件を表1に、クロマトグラフを図2に示す。クロマトグラフでは各試

表1 GPC-HPLCによるアスファルトの測定条件

項 目	測 定 条 件
カ ラ ム	日本分光 Fine Pack Gel 101 7.5mmφ×500mm
溶 媒	THF
流 速	0.5ml/min
波 長	励起波長 285nm, 蛍光波長 400nm

料間の分離は完全ではないが、アスファルトの溶出による蛍光強度が最大を示す保持容量（10 ml）では、他の試料による妨害が認められないことから、この保持容量でアスファルトを定量した。なお、同法の検出下限は、GPC-HPLC に注入するアスファルト量として、約50 ng である。

3・1・3 発生源試料の指標成分とその含有率

各発生源試料について測定した諸成分の含有率のうち、特異的なものを表2に示す。

アスファルト舗装材中の主要な元素（10,000 μg/g 以上）の含有率を土壌と比較すると、アスファルト舗装材中のカルシウムが土壌の数倍高値を示す以外は、両者はそれぞれ非常に良く類似している。このことは、アスファルト中の金属含有率が非常に低いこと、舗装材の約90%は骨材で、その他に炭酸カルシウムが数%添加されていることによる。カルシウムは、路面標示ペイントにも多量に含まれる外、冬季には融雪剤（塩化カルシウム）として道路に大量に散布されることから、アスファルト

舗装材の指標としては、アスファルトが適当と考えられる。

自動車排気粉じんについては、ガソリン車の鉛、B[a]P、ディーゼル車の硫酸イオンが特異的な成分として挙げられる。しかし、鉛は、近年、有鉛ガソリンの使用が激減していることから、ガソリン車の指標として適当ではない。B[a]Pおよび硫酸イオンは、それぞれ、他の燃焼排ガス、光化学反応による二次生成粒子からの寄与も考えられることから、自動車排気粉じんの指標となる場合は限られる。

タイヤトレッドについては、金属元素で適当な指標が見当たらない。3・1・1で述べたように、SBRの量とNRの量の和がタイヤトレッドの良い指標と考えられる。

タイヤスパイクのチップは、タングステンカーバイドからなるため、タングステンがチップの良い指標となる。

路面標示ペイントでは、顔料に由来するマグネシウム、チタン、クロムが指標となるが、道路粉じんの発生源としての寄与は小さいと考えられる。

3・2 新潟市における道路粉じん汚染

3・2・1 浮遊粉じんおよび浮遊粉じん中諸成分の濃度

市役所前および対照地点（潟岡）における浮遊粉じん濃度の季節変動を、図3に示す。浮遊粉じん濃度は、市役所前で3月に $130 \mu\text{g}/\text{m}^3$ となった後、夏季から秋季には約1/2に低下し、冬季には再び上昇して、12月および2月にはそれぞれ $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ に達した。1月は調査期間中の最低値を示したが、当月は試料採取期間中降雪が続き、路面は雪で覆われていた。

市役所脇4地点における浮遊粉じん濃度と道路端からの距離の関係を、図4に示す。年間を通じて、浮遊粉じん濃度は道路から離れるにしたがって、減少するが、市役所前で濃度が高い2月には、とくに減少傾向が著しい。

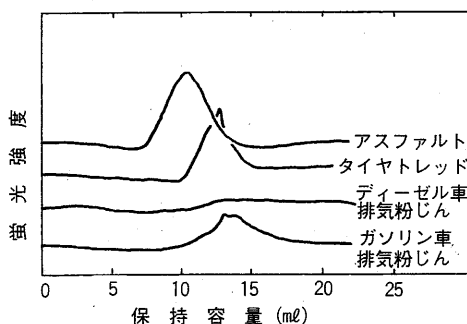


図2 アスファルト、タイヤトレッドおよび自動車排気粉じんのクロマトグラム (GPC-HPLC-蛍光光度法)

表2 道路粉じん諸発生源素材の指標成分とその含有率 ($\mu\text{g}/\text{g}$)

試料	Na*	Mg*	Al*	K*	Ca*	Sc*	Ti*	Cr*	Fe*	Co*	Zn*	W*	Pb	SO ₄ ²⁻	SBR+NR	B[a]P	アスファルト
アスファルト舗装材	15000	2600	71000	19000	65000	9.6	6200	36	24000	7.3	40	1	8.6	110	—	0.13	62000
自動車排気粉じん	1000	<3000	12000	1100	1800	0.73	<400	73	—	3.5	4700	<4	16000	8400	—	—	—
ディーゼル車	220	<800	480	<100	7800	<0.03	<100	46	—	6.4	2700	0.6	<20	96000	—	0.9	—
タイヤトレッド	430	<600	410	270	660	<0.06	30	<3	<400	6.0	8400	<1	30	60	360000	1.5	—
タイヤ	13000	<40000	12000	<7000	<10000	<5	7100	<600	<100000	130000	<5000	760000	<10	—	—	—	—
スパイク	1100	<2000	1400	<1000	<6000	<0.3	<1000	340	910000	210	<200	220	<10	—	—	—	—
路面標示	140	15000	2500	<50	170000	1.4	81000	6.4	<200	0.2	240	1.0	<50	—	—	—	—
ペイント	150	16000	870	<60	170000	0.04	<400	25000	4500	0.1	<10	<0.2	80000	—	—	—	—
土	12000	2000	50000	28000	7900	5.9	1300	42	18000	5.1	140	1	40	86	—	0.0079	—

*放射化分析による分析値

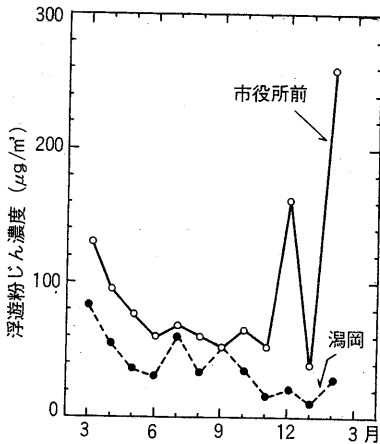


図3 浮遊粉じん濃度の季節変動
(昭和58年3月～昭和59年2月)

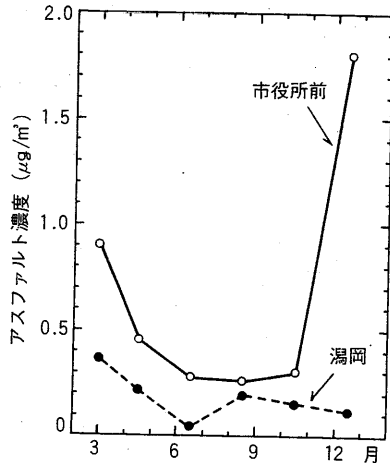


図5 浮遊粉じん中のアスファルト濃度の季節変動
(昭和58年3月～昭和59年1月,
昭和58年3月以外は2ヵ月分の平均値)

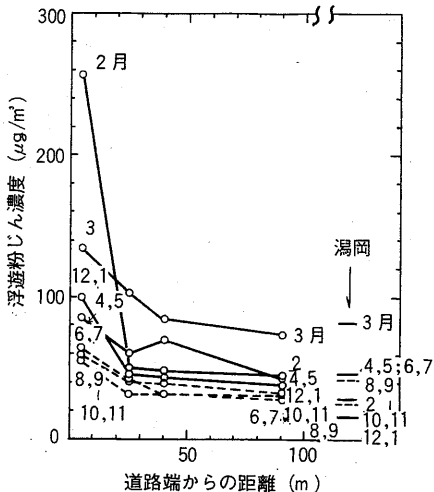


図4 浮遊粉じん濃度と道路端からの距離
(昭和58年3月～昭和59年2月)
—— 3; 4, 5; 12, 1月 (春季, 冬季)
----- 6, 7; 8, 9; 10, 11月 (夏季, 秋季)

なお、対照地点（湯岡）での濃度と比較して高濃度の範囲は、道路端から数十 m 以内である。

2月と10月における市役所前での浮遊粉じんの粒径分布について、 $2\mu\text{m}$ 以上の粒子（粗大粒子）の占める割合を比較すると、2月は82%、10月は52%であった。冬季には粗大粒子が大きく増加するが、このことは、冬季に、道路では機械的破碎による粉じんが多く発生することを示唆する。

浮遊粉じん中のアスファルトについて、市役所前と対照地点（湯岡）における環境大気中濃度の季節変動を、図5に示す。市役所前では、アスファルト濃度も浮遊粉じん濃度と同様に、冬季および春季に著しく増加する。

一方、浮遊粉じん中のタングステンの濃度は、2月に 9.7 ng/m^3 、10月には 0.7 ng/m^3 未満と、2月の方が14倍以上高値を示す。タングステンはタイヤスパイク（チップ）の指標であるから、冬季および春季に浮遊粉じん中のアスファルトが増加するのは、スパイクタイヤによってアスファルト舗装材が削られ、粉じんとして舞い上がることによるものと考えられる。

タイヤトレッドの摩耗粉じん濃度は、図4に示した浮遊粉じんと同様に、道路から遠ざかるにつれて急激に減少し、道路端から数十 m で、対照地点（湯岡）とほぼ同程度の濃度であった。また、市役所前でのタイヤトレッド濃度は、3、7、10月でそれぞれ、 3.1 、 2.3 、 $2.0\text{ }\mu\text{g/m}^3$ であり、3期ともほぼ同程度の濃度であった。

3・2・3 発生源の寄与率

市役所前の浮遊粉じん中に占めるアスファルト舗装材摩耗粉じんの割合を、粉じん中のアスファルト量と市役所前の道路（国道116号線）のアスファルト配合率6.2%から算出した結果を、表3に示す。市役所前で道路粉じんが増加する冬季および春季には、アスファルト舗装材が浮遊粉じんの主要発生源の1つである。

表3 浮遊粉じん中のアスファルト舗装材*

（新潟市役所前，昭和58～59年）

月	大気中濃度	浮遊粉じん中含率
3	$15\text{ }\mu\text{g/m}^3$	11 %
4, 5	7.3	8.6
6, 7	4.5	7.1
8, 9	4.1	7.5
10, 11	4.9	8.4
12, 1	28	28

* 舗装材中のアスファルト配合率：6.2%

浮遊粉じん中のタイヤトレッドの割合は、市役所前で2～3%であり、寄与率としてはとくに大きなものではなかった。また、道路粉じん発生源試料のうち、自動車排気粉じんとくに多く含まれていたB[a]Pおよび硫酸イオンは、道路から数十m以上離れても濃度の低下が認められず、道路端から遠いほど高値を示す場合があった。したがって、これらの成分について、自動車排気粉じん以外の発生源の影響も懸念されることから、当調査では、自動車排気粉じんの指標として用いなかった。

3・2・4 他都市との比較

市役所前(2月)の浮遊粉じん濃度を、アスファルト舗装材摩耗粉じんによる汚染の著しい札幌市(豊平⁹⁾)、仙台市(宮黒¹¹⁾)と比べると、札幌市が約4倍(12月)、仙台市が約5倍高い。これら3地点の自動車交通量は同程度である。スパイクタイヤ装着率¹⁰⁾は新潟市、札幌市、仙台市それぞれ85、96、73%と、仙台市がやや低い。また、各地気象台の観測による12月から2月までの降水日数(0.5mm/日以上、昭和56～59年の平均)をみると、新潟市は71日、札幌市は58日、仙台市は19日であった。これらのことから、新潟市が札幌市、仙台市と比較して道路近傍での浮遊粉じん濃度が低い主な原因の1つとして、新潟市では、冬期間路面が雪で覆われたり濡れていることが多く、そのため道路粉じんの発生あるいは舞い上がりが抑制されることが考えられる。

さらに、3市における冬季から春季にかけての粉じん濃度をみると、新潟市は1月(図3)、札幌市⁹⁾は1、2月が他の月よりも著しく低値であるのに対し、仙台市¹¹⁾は1、2月が最高値を示す。このことは、冬期間の降水が、道路粉じんの発生あるいは舞い上がりを抑制することを裏付ける。

4. ま と め

1) 道路粉じん中のタイヤトレッド量は、熱分解ガスクロマトグラフ法によって定量したSBRとNRの値から、 $(\text{SBR量} + \text{NR量}) / 0.36$ によって求められる。また、アスファルトは、GPC-HPLC-蛍光光度法により、従来よりも高感度かつ選択的に定量可能となった。

2) 新潟市では、冬季から春季にかけて道路粉じんが増加する。その主な発生源の1つは、スパイクタイヤによって削られるアスファルト舗装材である。また、道路粉じんの顕著な影響範囲は、道路端から数十m以内であった。

3) 新潟市の道路粉じん濃度は、札幌市、仙台市の数分の一である。その違いの主な原因の1つとして、新潟市では他の2市に比べ冬期間降水が多く、道路粉じんの発生または舞い上がりが抑制されることが考えられる。

謝 辞

本調査を行うにあたり、ご指導をいただいた新潟県公害研究所前所長大科達夫博士、新潟県生活環境部公害規制課市川義夫係長、ご協力いただいた新潟県公害研究所黒崎裕人技師、新潟県生活環境部公害規制課、新潟市保健環境部公害規制課の各位に深く感謝します。

(付 記)

本報は主に、「昭和57、58年度特別研究：道路粉じんによる大気汚染実態調査報告書(新潟県公害研究所、昭和59年3月)」の一部を要約したものである。

一 引 用 文 献

- 1) 宮城県保健環境センター：スパイクタイヤ装着地域における道路粉じん実態調査報告書(昭和57年度)，pp. 1～30, 1983.
- 2) 松本 寛，加藤拓紀，井高 一：道路近傍におけるスパイクタイヤによる道路粉じんの実態について，北海道公害防止研究所報，9，pp. 21～31, 1982.
- 3) 松本 寛，加藤拓紀，井高 一：大気中浮遊粉じん濃度の長期変動，北海道公害防止研究所報，9，pp. 32～37, 1982.
- 4) 福岡三郎：自動車から発生する粒子状物質，第23回大気汚染学会講演要旨集，pp. 113～118, 1982.
- 5) 豊沢真一，越智寿幸，竹内善彦，井上秀成，白井恒雄，柳沢三郎：都市大気におけるゴム粉じんの挙動，大気汚染学会誌，13，pp. 101～105, 1978.
- 6) 溝畑 朗：都市大気中粒子状物質における自動車排気の寄与率，第23回大気汚染学会講演要旨集，pp. 119～122, 1982.
- 7) 東 俊作，井上秀成，白井恒雄，柳沢三郎：粉じん中のタイヤゴム成分の分析，大気汚染学会誌，16，pp. 163～167, 1981.
- 8) 松下秀鶴，嵐山奎一，小谷野道子：土砂中の多環芳香族炭化水素の簡易分析法，大気汚染研究，11，pp. 352～359, 1977.
- 9) 環境庁大気保全局：昭和57年スパイクタイヤによる粉じん等実態調査報告書，p. 11, 1983.
- 10) 環境庁大気保全局自動車公害課：昭和57年度スパイクタイヤ問題に関する調査，p. 20, 1983.

